

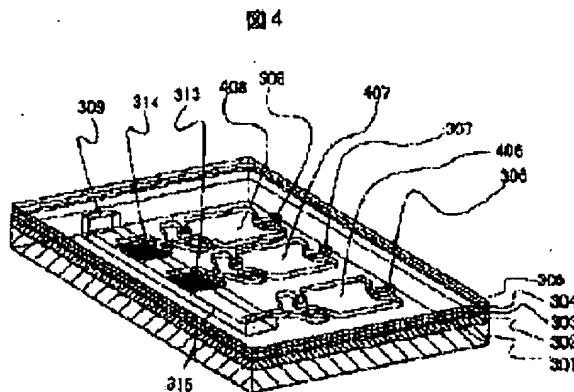
MICROPUMP, MICROMIXER, MICROMACHINE DEVICE, MICRO MOVABLE MIRROR AND OPTICAL SWITCH

Patent number: JP2002355798
Publication date: 2002-12-10
Inventor: KOIDE AKIRA; SATO TOMOMI; TANABE SHINICHI;
 MIYAKE AKIRA
Applicant: HITACHI LTD; HITACHI ULSI SYS CO LTD
Classification:
 - **International:** B81B3/00; B81C1/00; F04B9/00; F04B43/02;
 F04B43/04; F04B53/10; G02B26/08; B81B3/00;
 B81C1/00; F04B9/00; F04B43/02; F04B53/10;
 G02B26/08; (IPC1-7): B81B3/00; B81C1/00; F04B9/00;
 F04B43/02; F04B43/04; F04B53/10; G02B26/08
 - **European:**
Application number: JP20010167707 20010604
Priority number(s): JP20010167707 20010604

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2002355798

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a micromachine that is inexpensive and disposable by using an epoxy-based photosensitive resin and easily ensuring an increased wall thickness without lamination, and a manufacturing method thereof.
SOLUTION: A micromachine device comprises an epoxy-based photosensitive resin itself as a structural material. A semiconductor photolithography technique can prepare by batch treating three-dimensional structure of resin without an assembly process to thereby facilitate microminiaturization and complication of a resin device and reduce cost. Enabled integration with a processing circuit can repress a problem of, for example, stray capacity to enable incorporation of a device such as a high precision sensor.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-355798

(P2002-355798A)

(43)公開日 平成14年12月10日 (2002.12.10)

(51)Int.Cl.⁷

B 8 1 B 3/00
B 8 1 C 1/00
F 0 4 B 9/00
43/02

識別記号

F I

B 8 1 B 3/00
B 8 1 C 1/00
F 0 4 B 9/00
43/02

テマコード^{*}(参考)

2 H 0 4 1
3 H 0 7 1
B 3 H 0 7 5
B 3 H 0 7 7
F

審査請求 未請求 請求項の数16 OL (全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2001-167707(P2001-167707)

(22)出願日

平成13年6月4日 (2001.6.4)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000233169

株式会社日立超エル・エス・アイ・システムズ

東京都小平市上水本町5丁目22番1号

(72)発明者 小出 晃

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外2名)

最終頁に続く

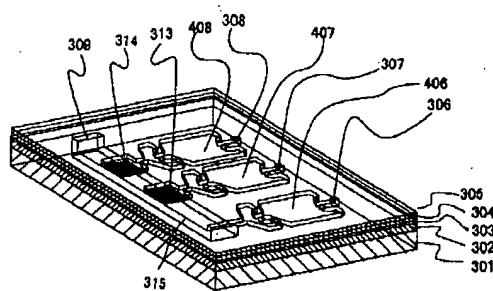
(54)【発明の名称】マイクロポンプ、マイクロミキサー、マイクロ機械デバイス、マイクロ可動ミラーおよび光スイッチ

(57)【要約】

【課題】エポキシ系感光性樹脂を用いることで、積層することなく厚肉化を容易に実現して低コスト化をはかり、使い捨て可能なマイクロマシンおよびその製造方法を提供することにある。

【解決手段】エポキシ系感光性樹脂そのものを構造材料としてマイクロ機械デバイスを構成することを特徴とする。半導体のフォトリソグラフィー技術により組立工程なしに樹脂の三次元構造体がバッチ処理で作成できるため、樹脂デバイスの微小化や複雑化が容易に行え、低コスト化がはかれる。また、処理回路と一体化ができるために浮遊容量の問題等を押さえることができ、高精度なセンサ等のデバイスを作り込むことが可能となる。

図4



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に複数の樹脂層を積層し、前記基板と最上の樹脂層との間の樹脂層に対して選択的に露光して除去することによって、圧力室並びに該圧力室の入口側および出口側につながるノズルを有する流路を形成し、前記圧力室の壁面を構成する部分をアクチュエータに接続されたダイアフラムとして構成することを特徴とするマイクロポンプ。

【請求項2】半導体基板上に複数の樹脂層を積層し、前記基板と最上の樹脂層との間の樹脂層に対して選択的に露光して除去することによって、圧力室並びに該圧力室の入口側および出口側につながるノズルを有する流路を形成し、前記圧力室の壁面を構成する部分をアクチュエータに接続されたダイアフラムとして構成したマイクロポンプを設け、更に、前記半導体基板上に前記アクチュエータを駆動する駆動回路を作り込むことを特徴とするマイクロポンプ。

【請求項3】基板上に複数の樹脂層を積層し、少なくとも前記基板と最上の樹脂層との間の複数の樹脂層に対して選択的に露光して除去することによって、サンプルを搬送するサンプル搬送用流路、試薬を搬送する試薬搬送用流路、および前記試薬搬送用流路で搬送される試薬を前記サンプル搬送用流路で搬送されるサンプルに混合させるミキサー部を形成することを特徴とするマイクロミキサー。

【請求項4】請求項3記載のマイクロミキサーにおいて、流路の所望箇所に導電性薄膜からなる流量センサを備えたことを特徴とするマイクロミキサー。

【請求項5】請求項4記載のマイクロミキサーにおいて、ミキサー部の近傍または流路の所望箇所に導電性薄膜からなるヒータおよび温度センサを備えたことを特徴とするマイクロミキサー。

【請求項6】基板上に複数の樹脂層を積層し、少なくとも前記基板と最上の樹脂層との間の複数の樹脂層に対して選択的に露光して除去することによって、サンプルを搬送するサンプル搬送用流路、試薬を搬送する試薬搬送用流路、前記試薬搬送用流路で搬送されるサンプルに混合させるミキサー部、試薬を前記試薬搬送用流路に送り込むマイクロポンプ、およびサンプルを前記サンプル搬送用流路に送り込むマイクロポンプを形成することを特徴とするマイクロポンプ付マイクロミキサー。

【請求項7】基板上に複数の樹脂層を積層し、これら積層された複数の樹脂層に対して選択的に露光して除去することによって、固定電極を形成し、さらに該固定電極に対向するように裏面に電極を形成した可動部、アンカー部、および前記可動部を前記アンカー部に対して可動可能に支持するヒンジ部をつなげて形成したことを特徴とするマイクロ機械デバイス。

【請求項8】半導体基板上に複数の樹脂層を積層し、こ

れら積層された複数の樹脂層に対して選択的に露光して除去することによって、固定電極を形成し、さらに該固定電極に対向するように裏面に電極を形成した可動部、アンカー部、および前記可動部を前記アンカー部に対して可動可能に支持するヒンジ部をつなげて形成したマイクロ機械デバイスを設け、更に、前記半導体基板上に、前記固定電極と可動部の電極とによって構成される静電型アクチュエータを駆動する駆動回路を作り込むことを特徴とするマイクロ機械デバイス。

【請求項9】請求項7または8記載のマイクロ機械デバイスにおいて、可動部の表面をミラーで形成したことを特徴とするマイクロ可動ミラー。

【請求項10】請求項9記載のマイクロ可動ミラーを複数並べて構成したことを特徴とする光スイッチ。

【請求項11】請求項9記載のマイクロ可動ミラーを複数並べて構成したことを特徴とする表示装置。

【請求項12】基板上に複数のエポキシ系樹脂層を積層し、該複数のエポキシ系樹脂層の内、所望のエポキシ系樹脂層に対して選択的に露光して除去することによってマイクロ機械構造を構成することを特徴とするマイクロ機械デバイス。

【請求項13】請求項12記載のマイクロ機械デバイスにおいて、マイクロ機械構造として中空構造を有することを特徴とするマイクロ機械デバイス。

【請求項14】請求項12記載のマイクロ機械デバイスにおいて、マイクロ機械構造として可動構造を有することを特徴とするマイクロ機械デバイス。

【請求項15】請求項12または13または14記載のマイクロ機械デバイスにおいて、積層されたエポキシ系樹脂層の間に露光光を遮光する薄膜を有することを特徴とするマイクロ機械デバイス。

【請求項16】請求項12または13または14記載のマイクロ機械デバイスにおいて、微小機械構造の一部に導電性薄膜を有することを特徴とするマイクロ機械デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、樹脂による微小な三次元構造体を有するマイクロポンプ、マイクロミキサー（マイクロ混合器）、マイクロ機械デバイス。マイクロ可動ミラー、静電型アクチュエータ、光スイッチ等のマイクロマシンおよびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、マイクロマシン分野における樹脂の成形技術としては、「マイクロマシン技術による製品小型化・知能化事典」産業調査会事典出版センター編 p 41～p 46（従来技術1）記載のLIGAプロセスに代表される射出成形が主流をなしている。この従来技術1における射出成形が、一般的の機械部品の樹脂成形と異

なるのは、マイクロマシンが小さいために射出成形を行う型を半導体の加工技術を用いて作成している点である。この技術のポイントは、X線リソグラフィー技術に用いるシンクロトロン放射光の直進性が良いため、厚い感光性樹脂に側面の垂直なパターンを転写できる点にある。問題は、シンクロトロン放射光をつくる装置が誰でも利用できる装置ではないため、非常に高価な加工技術となってしまう点である。

【0003】更に、この射出成形で作成した樹脂構造は、殆どの場合、組立てなければ、マイクロマシンとして機能しないため、微小部品の組立工程が必要になるが、組立時の位置決めや部品間の接着等、大きさが小さくなっているだけに難しく、非常に単純な構造のみに適用されているのが現状である。

【0004】これを解決する手段の一つとして、より複雑な金属構造体を作成する特開平6-45232号公報（従来技術2）が知られている。これでは、作成した金属構造体そのものをデバイスとして利用しているが、この技術を用いて射出成形用の型を作成することで、樹脂の部品点数を減らすことが可能となり、より複雑な樹脂構造体の加工が可能となる。しかしながら、この従来技術2を用いたとしても工程が煩雑であるためにコスト高になってしまう。

【0005】他方、立体形状の微小機構部品としてのマイクロターピン歯車を、簡便で高精度に形成できるものとして、特開平8-127073号公報（従来技術3）が知られている。この従来技術3には、基材に感光性樹脂膜を形成し、所望のパターンに露光する工程と、樹脂膜の混合を防止し、その露光を妨げる中間膜を形成する工程を繰り返し、樹脂膜と中間膜からなる多層構造物を形成した後、樹脂の現像液に浸漬して露光部を選択除去してマイクロターピン歯車を製造することが記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術3には、一層の感光性樹脂厚を数百ミクロン以上にして出来るだけ積層する層数を低減して、マイクロマシンを低成本化で製造しようとする点について、十分考慮されていない。

【0007】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、エポキシ系感光性樹脂を用いることで、積層することなく厚肉化を容易に実現して低成本化をはかり、使い捨て可能なマイクロポンプ、マイクロミキサー（マイクロ混合器）、マイクロ機械デバイス、静電型アクチュエータ、マイクロ可動ミラーおよび光スイッチなどのマイクロマシンおよびその製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、基板上に複数の樹脂層を積層し、前記基板と最上の樹脂層との間の樹脂層に対して選択的に露光

して除去することによって、圧力室並びに該圧力室の入口側および出口側につながるノズルを有する流路を形成し、前記圧力室の壁面を構成する部分をアクチュエータに接続されたダイアフラムとして構成することを特徴とするマイクロポンプである。

【0009】また、本発明は、半導体基板上に複数の樹脂層を積層し、前記基板と最上の樹脂層との間の樹脂層に対して選択的に露光して除去することによって、圧力室並びに該圧力室の入口側および出口側につながるノズルを有する流路を形成し、前記圧力室の壁面を構成する部分をアクチュエータに接続されたダイアフラムとして構成したマイクロポンプを設け、更に、前記半導体基板上に前記アクチュエータを駆動する駆動回路を作り込むことを特徴とするマイクロポンプである。

【0010】また、本発明は、基板上に複数の樹脂層を積層し、少なくとも前記基板と最上の樹脂層との間の複数の樹脂層に対して選択的に露光して除去することによって、サンプルを搬送するサンプル搬送用流路、試薬を搬送する試薬搬送用流路、および前記試薬搬送用流路で搬送される試薬を前記サンプル搬送用流路で搬送されるサンプルに混合させるミキサー部を形成することを特徴とするマイクロミキサー（マイクロ混合器）である。

【0011】また、本発明は、前記マイクロミキサーにおいて、流路の所望箇所に導電性薄膜からなる流量センサを備えたことを特徴とする。

【0012】また、本発明は、前記マイクロミキサーにおいて、ミキサー部の近傍または流路の所望箇所に導電性薄膜からなるヒータおよび温度センサを備えたことを特徴とする。

【0013】また、本発明は、基板上に複数の樹脂層を積層し、少なくとも前記基板と最上の樹脂層との間の複数の樹脂層に対して選択的に露光して除去することによって、サンプルを搬送するサンプル搬送用流路、試薬を搬送する試薬搬送用流路、前記試薬搬送用流路で搬送される試薬を前記サンプル搬送用流路で搬送されるサンプルに混合させるミキサー部、試薬を前記試薬搬送流路に送り込むマイクロポンプ、およびサンプルを前記サンプル搬送用流路に送り込むマイクロポンプを形成することを特徴とするマイクロポンプ付マイクロミキサーである。

【0014】また、本発明は、基板上に複数の樹脂層を積層し、これら積層された複数の樹脂層に対して選択的に露光して除去することによって、固定電極を形成し、さらに該固定電極に対向するように裏面に電極を形成した可動部、アンカー部、および前記可動部を前記アンカー部に対して可動可能に支持するヒンジ部をつなげて形成したことを特徴とするマイクロ機械デバイスである。

【0015】また、本発明は、半導体基板上に複数の樹脂層を積層し、これら積層された複数の樹脂層に対して選択的に露光して除去することによって、固定電極を形

成し、さらに該固定電極に対向するように裏面に電極を形成した可動部、アンカー部、および前記可動部を前記アンカー部に対して可動可能に支持するヒンジ部をつなげて形成したマイクロ機械デバイスを設け、更に、前記半導体基板上に、前記固定電極と可動部の電極とによって構成される静電型アクチュエータを駆動する駆動回路を作り込むことを特徴とするマイクロ機械デバイスである。

【0016】また、本発明は、前記マイクロ機械デバイスにおいて、可動部の表面をミラーで形成したことを特徴とするマイクロ可動ミラーである。

【0017】また、本発明は、前記マイクロ可動ミラーを複数並べて構成したことを特徴とする光スイッチである。

【0018】また、本発明は、前記マイクロ可動ミラーを複数並べて構成したことを特徴とする表示装置またはプロジェクタである。

【0019】また、本発明は、基板上に複数のエポキシ系樹脂層を積層し、該複数のエポキシ系樹脂層の内、所望のエポキシ系樹脂層に対して選択的に露光して除去することによってエポキシ系樹脂そのものを構造材料としてマイクロマシン（マイクロ機械デバイス）を構成することにある。

【0020】また、本発明は、前記マイクロ機械デバイスにおいて、マイクロ機械構造として中空構造を有することを特徴とする。また、本発明は、前記マイクロ機械デバイスにおいて、マイクロ機械構造として可動構造を有することを特徴とする。また、本発明は、前記マイクロ機械デバイスにおいて、積層されたエポキシ系樹脂層の間に露光光を遮光する薄膜を有することを特徴とする。また、本発明は、前記マイクロ機械デバイスにおいて、微小機械構造の一部に導電性薄膜を有することを特徴とする。

【0021】また、本発明は、前記導電性薄膜をヒータとして用いることを特徴とする。また、本発明は、前記導電性薄膜をセンサとして用いることを特徴とする。また、本発明は、前記マイクロ機械デバイスを、マイクロ混合器若しくは反応器として構成することを特徴とする。また、本発明は、前記マイクロ機械デバイスを、アクチュエータとして構成することを特徴とする。また、本発明は、前記アクチュエータが静電気力で駆動されることを特徴とする。

【0022】また、本発明は、前記マイクロ機械デバイスを、センサとして構成することを特徴とする。また、本発明は、前記センサを静電検出型で構成することを特徴とする。

【0023】また、本発明は、前記マイクロ機械デバイスを、2つ以上が組み合わされた複合体で構成することを特徴とする。また、本発明は、前記マイクロ機械デバイスを半導体基板上に形成し、さらに、同じ半導体基板

上に構成された回路と電気的に結合（接続）させることを特徴とする。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明に係わるマイクロマシンおよびその製造方法についての実施の形態について図面を用いて説明する。

【0025】本発明は、これまで単結晶シリコンやバイレックス（登録商標）ガラス、薄膜等を積層して構成されてきたデバイスを、エポキシ系感光性樹脂で作成することで、低コスト化をはかり、使い捨て可能なマイクロポンプ、マイクロミキサー（マイクロ混合器若しくはマイクロ反応器）、マイクロ機械デバイス、静電型アクチュエータ、マイクロ可動ミラーおよび光スイッチなどのマイクロマシンを実現することにある。

【0026】本発明に係わるマイクロマシンの第一の実施例であるマイクロポンプについて図1を用いて説明する。単結晶シリコンの積層構造を持つダイアフラムポンプは、特開平10-110681号公報に示されている。本発明に係わるマイクロポンプは、基板101の上に、出入口用流体抵抗106、107と圧力室108とを持つ第一の樹脂層102があり、それらの構造の蓋をする形で出入口104、105とダイアフラム109とを持つ第二の樹脂層103が積層されて構成される。これら第一および第二の樹脂層102、103の各々は、積層することなく厚肉化可能なエポキシ系樹脂層で構成される。もちろん、基板101は、同じエポキシ系樹脂層であってもかまわない。ところで、エポキシ系樹脂は、エポキシ基の開環反応を利用した樹脂である。即ち、ビスフェノールAを基に、架橋させて高分子にしたものである。このように、エポキシ系樹脂は、厚く形成でき、機械としての特性（例えば固有振動数を高く、延性）を持たせることが可能となる。

【0027】このように、圧力室108の上下にある基板101または第二のエポキシ系樹脂層103、あるいは両方101、103のダイアフラム面を、圧電素子等のマイクロアクチュエータによって駆動することで、マイクロポンプとしてのポンプ機能を果たすことが可能となる。

【0028】次に、図1に示したダイアフラムポンプの作成方法について図2を用いて説明する。

【0029】まず、図2(a)に示す工程で、基板201上に第一の樹脂層202となるエポキシ系感光性樹脂を所望の厚みに均一に積む。この方法は、一般的なスピニ塗布法やローラーコーターを用いた方法であっても、均一の積むことができればどのような方法であってもかまわない。

【0030】次に、図2(b)に示す工程で、半導体のフォトリソグラフィー技術を用いて出入口用流体抵抗1

06、107と圧力室108のパターンをエポキシ系感光性樹脂上に転写して現像液に対する不溶部203を形成する。なお、本図ではエポキシ系感光性樹脂としてネガ型を用いた場合を示してあるがポジ型を用いても良く、この工程が用いる感光性樹脂の種類により行う処理が異なるのは当然である。例えば、J. Micromech. Microeng. 7 (1997) pp.121-124「SU-8 : a low-cost negative resist for MEMS」に述べられているネガ型エポキシ系感光性樹脂を用いる場合には、露光した後に熱処理を行わないと露光部が現像液に不溶化しないため、熱処理が必要である。

【0031】続く図2(c)に示す工程では、パターンングしたエポキシ系感光性樹脂の現像はせずに、その全面に光を通さない遮光膜204を成膜する。次に、図2(d)に示す工程では、その遮光膜204上に重ねて第二の樹脂層205となるエポキシ系感光性樹脂を第一の樹脂層202と同様に所望の厚さで均一に積む。

【0032】次に、図2(e)に示す工程においては、第二の樹脂層205に半導体のフォトリソグラフィー技術を用いて出入口パターン104、105を転写して現像液に対する不溶部206を形成する。最後に、図2(f)に示す工程において、現像液を用いて第一および第二の樹脂層の現像液に対する不溶部203、206以外を除去することで、目的とする出入口104、105、圧力室108、ダイアフラム109からなるダイアフラムポンプ構造が得られる。

【0033】このとき、遮光膜204が現像液に対して可溶であれば一回の現像工程で済むが、遮光膜204が現像液に対して不溶な場合には、第二の樹脂層205の現像を行った後、遮光膜204のエッチングを行い、続いて第一の樹脂層202の現像を行う。なお、スピンドル塗布法を用いてエポキシ系感光性樹脂を塗布する場合には、エポキシ系感光性樹脂を塗布する下地の状態によって塗布厚が異なることがあるため、遮光を必要としない基板上にも遮光膜を成膜した方がプロセス条件をそろえることができて良い。

【0034】また、図2に示すダイアフラムポンプの成形プロセスでは、下層の第一の樹脂層202の露光領域よりも上層の第二の樹脂層205の露光領域の方が大きかったため遮光膜204を必要としたが、下層の樹脂層の露光領域内にその上有る樹脂層の露光領域が完全に入っている場合には、遮光膜は必要ではない。この場合、感光性樹脂間のミキシングが起きない限りにおいては、遮光膜の工程を省いてもかまわない。

【0035】さらに、流体を扱うデバイスで、流体と接する部分の界面状態を均一にしたい場合には、基板上に樹脂層を均一に塗布して底面も同じ樹脂とし、最後の現像工程で流体との界面となる部分に残っている全ての遮光膜を除去することが必要である。また、各樹脂層間の密着性を上げるために、遮光膜表面を成膜条件や化学処

理、若しくは物理的処理により面粗さを悪くしておくことも有効である。

【0036】前記ダイアフラムポンプ成形プロセスにおいて、組立を必要としないバッチプロセス例を示したが、例えば、構造が大きかったり、一番上の構造が蓋の役目をなすだけで構造を持たない場合など、位置合わせに精度を要求されない場合には、樹脂の積層構造を二つに分けて、一方の構造のみ基板から分離しやすいように、分離層や離形剤等により処理しておき、張り合わせて組立、その後、分離しやすくしていた基板から分離してデバイスを成形する方法もある。この方法は、気密構造を形成するのに役立つ方法である。気密構造は、もちろんバッチプロセスでも成形可能である。その場合には、蓋となる樹脂層に微小な孔を開けておき、その部分から現像液や遮光膜のエッチング液を供給して内部の不要な樹脂や遮光膜を除去した後、微小な孔を半導体の成膜技術や感光性樹脂を塗布する等により塞ぐことで気密構造を実現する。

【0037】次に、本発明に係わるマイクロマシンの第二の実施例であるマイクロミキサー(マイクロ混合器)について図3を用いて説明する。この混合器若しくは反応器の原理は、特開平6-226071号公報に示されている。第二の実施例であるマイクロ混合器若しくはマイクロ反応器は、サンプル導入口306から導入されてきたサンプルに試薬導入口1(307)と試薬導入口2(308)から導入されてきた二種類の試薬をミキサー部1(313)及びミキサー部2(314)を用いて混合若しくは反応することを目的として構成される。このマイクロ混合器等の構造は、基板301上にエポキシ系樹脂層が四層積層されたおり、第一の樹脂層302にはサンプル搬送用流路310が形成されており、第三の樹脂層304には各試薬搬送用流路311、312が形成されている。第二の樹脂層303は、第一の樹脂層302と第三の樹脂層304を隔壁するとともに、サンプル搬送用流路310につながる流路315と試薬搬送用流路1(311)との交差部に微小な孔が多数配列されて形成されるミキサー部1(313)、サンプル搬送用流路310につながる流路315と試薬搬送用流路2(312)との交差部に微小な孔が多数配列されて形成されるミキサー部2(314)が形成され、このミキサー部313、314でサンプルと試薬を混合するようになっている。第四の樹脂層305は、蓋の役目をなすとともにサンプル導入口306、各試薬導入口307、308、廃液取出口309が形成されている。

【0038】このマイクロ混合器若しくはマイクロ反応器において、サンプルや試薬の流速や液量が重要な要素となる場合には、各搬送用流路310、311、312の所望箇所に流量センサを白金電極で形成すればよい。また、サンプルと試薬を混合する際に温度管理をする必要がある場合には、混合部分の近傍若しくは流路の所望

箇所にヒータ及び温度センサを白金電極等により作成して一体に組込む。

【0039】ところで、本発明の第二の実施例であるマイクロ混合器等の作成方法は、第一の実施例であるダイアフラムポンプよりもエポキシ系感光性樹脂の積層数が多いだけで、図2に示したのと同様の手順で行うが、ヒータやセンサとして用いる白金電極等の作成は、後述する図6を用いて説明する可動ミラーデバイスの作成方法と同様に行う。このようにエポキシ系感光性樹脂を用いることによって、一層として厚く形成でき、しかも耐薬品性および耐熱性の点で優れ、マイクロ混合器として使用可能になる。

【0040】次に、本発明に係わるマイクロマシンの第二の実施例であるマイクロ混合器等に、サンプルや各試薬を供給するポンプとして第一の実施例であるダイアフラムポンプを用いて構成した第三の実施例について図4を用いて説明する。本発明の第三の実施例は、同一基板301上に一体化して構成される。この一体化構造の利点は、別々の部品を繋ぐ際に生じるデットボリュームを限りなく零にすることが出来る点で、試薬の消費量等を削減するのに有効である。また、同じプロセスで構造が成形できるため、各種デバイスを同一基板内に同時に作り込むことが容易であるため、拡張性が高く、デバイス製作のコストも低減できる。この第三の実施例では、ミキサー部313、314は第二の実施例と同様に作成し、その際に、第三の樹脂層304及び第四の樹脂層305を用いて第一の実施例と同様なダイアフラムポンプ406、407、408を作り込む。ただし、ダイアフラムポンプ406を第三の樹脂層304に作り込む場合には、ダイアフラムポンプ406から送り出されるサンプルの出口を、第一の樹脂層301に作り込まれたサンプル搬送用流路315につなげる必要がある。

【0041】以上説明したように、本発明に係わる第一乃至第三の実施例によれば、基板101、301、401上に、厚肉化可能なエポキシ系感光性樹脂層102～103、302～305、402～405を、最低限の層数積層することによって、マイクロポンプ、マイクロ混合器またはマイクロポンプ付マイクロ混合器を容易に製造することができ、その結果、マイクロポンプ、マイクロ混合器またはマイクロポンプ付マイクロ混合器の大半な原価低減を実現することができる。

【0042】次に、本発明に係わるマイクロマシンの第四の実施例であるマイクロ静電型アクチュエータ、マイクロ静電センサおよびマイクロ可動デバイスについて図5を用いて説明する。本発明の第四の実施例であるマイクロ静電駆動型デバイスは、固定電極502、503と、入射光を反射させる可動ミラーデバイス（可動部）501、該可動ミラーデバイス（可動部）501をその中央で支えるヒンジ部506、およびそのアンカーデバイス504、505とからなる。可動ミラーデバイス501の裏面には、固定電

極502、503の各々に対向させて、電極となる導電性薄膜が成膜されている。そして、この各裏面電極は、ヒンジ部506を介してアンカーデバイス501（502）及び2（503）の各々の表面と電気的に接続される。さらに、アンカーデバイス501（502）及び2（503）の各々は、ワイヤ511及び513の各々により外部取出し電極508、509の各々に接続される。当然、固定電極1（502）及び2（503）の各々は、ワイヤ513及び511の各々により外部取出し電極510、507の各々に接続される。

【0043】従って、入射光を反射させる可動ミラーデバイス（可動部）501の駆動は、この可動ミラーデバイス501の裏面電極と固定電極1（502）と固定電極2（503）との間に加える電圧を制御することで行われる。例えば、固定電極1（502）と可動ミラーデバイス501の裏面電極間に電圧差を与えることで、両電極間に働く静電引力により電極可動ミラーデバイス501がヒンジ部506を回転中心として固定電極1（502）側に僅か傾く（微回動する）。この可動ミラーデバイス501の傾き（微回動）は、ヒンジ部506がねじれることで発生する反発力と両電極間で発生する静電引力が釣り合いで決まる。この時、可動電極と固定電極の間に、駆動電圧とは別に、可動ミラーデバイス501が応答できない高周波の交流電圧を加えることで、可動ミラーデバイス501と固定電極502、503が形成するコンデンサに充放電を繰り返させ、そこから算出される容量から電極間距離を予測し、可動ミラーデバイス501と固定電極502、503の間に加える電圧を操作することで、可動ミラーデバイス501の回転量を制御することも可能である。また、回転中心となるヒンジ部506は、上下方向に対しては高剛性であり、回転方向に関しては低剛性であることが望ましい。

【0044】ところで、上記マイクロ可動デバイス（可動ミラーデバイス501を可動部で構成する。）は、静電アクチュエータを用いて駆動しているが、説明中にも示した通り、高周波の交流を加えることでマイクロ静電センサとしても利用可能である。さらに、加速度センサとして用いる場合には、可動部501が錘となり、可動部の水平面方向からの角加速度に対してその慣性力によりヒンジ部506を回転中心として回転することを利用して、固定電極502、503と可動部501との間の距離を容量変化量として計測することにより角加速度を算出すことが可能となる。

【0045】次に、第四の実施例であるマイクロ静電駆動型デバイスの成形プロセスについて図6を用いて説明する。

【0046】まず、図6(a)に示す工程では、電気的に絶縁された基板601上に取出し電極602を形成する。この形成方法は、導電性薄膜を半導体の成膜技術を用いて絶縁された基板601上に成膜し、フォトリソグラフィー技術により取出し電極部602以外の導電性薄

膜を除去する。もちろん、エッチング法ではなくリフトオフ法を用いても同様の電極パターンは成形できる。

【0047】次に、図6 (b) に示す工程において、取出し電極602をパターニングした基板601上に第一の樹脂層603となるエポキシ系感光性樹脂を所望の厚みに均一に積む。次に、図6 (c) に示す工程で、第一の樹脂層603にフォトリソグラフィー技術を用いて固定電極502、503やヒンジ部506のアンカー部504、505となる構造として現像液に対する不溶部604を形成する。次に、図6 (d) に示す工程では、第一の樹脂層603を現像せずに、その全面に遮光膜605を成膜する。

【0048】図6 (e) に示す工程では、遮光膜605上に、導電性薄膜を成膜し、固定電極502、503となる部分以外の導電性薄膜をフォトリソグラフィー技術により除去する。なお、遮光膜と導線性薄膜はエッチング等によりどちらか一方を選択的に除去できる性質を有する異なる材質を用いる。

【0049】次に、図6 (f) に示す工程では、遮光膜605及びその上に成形された固定電極606上に第二の樹脂層607となるエポキシ系感光性樹脂を均一に積む。次に、図6 (g) に示す工程において、第二の樹脂層607上にヒンジ部506の構造となる現像液に対する不溶部608を、フォトリソグラフィー技術を用いてパターニングして形成する。次に、図6 (h) に示す工程では、パターニングした第二の樹脂層607を現像せずに、その全面に遮光膜609を成膜する。次に、図6 (i) に示す工程では、遮光膜609の上に重ねて導電性薄膜を成膜し、フォトリソグラフィー技術を用いて可動ミラー部501やヒンジ部506及びそのアンカー部504、505となる部分以外の導電性薄膜を除去して、可動ミラー部501の裏面に形成される裏面電極の各々に接続される導電性薄膜パターン610を形成する。この工程でももちろん遮光膜609と導電性薄膜はどちらか一方を選択的に除去できるような異なる材質からなる。

【0050】次に、図6 (j) に示す工程では、遮光膜609及び可動ミラー部(可動部)501やヒンジ部506及びそのアンカー部504、505となる部分の導電性薄膜パターン610上に第三の樹脂層611となるエポキシ系感光性樹脂を積む。次に、図6 (k) に示す工程において、フォトリソグラフィー技術を用いて可動ミラー部501となる構造を第三の樹脂層611上に転写して現像液に対する不溶部612を形成する。さらに、図6 (l) に示す工程において、ミラーとなるアルミ等の金属薄膜を第三の樹脂膜611上の全面に成膜し、フォロリソグラフィー技術により可動ミラー部分以外の金属薄膜を除去して、ミラ一面613を形成する。

【0051】最後に、図6 (m) に示す工程において、現像を行い、不要な部分の樹脂を除去する。この工程

で、遮光膜605、609が現像液に対して可溶であれば、現像工程と一緒に除去可能となるが、不溶な場合には、現像、遮光膜除去の工程を交互に行うことによって不要な樹脂を除去して目的の可動ミラー部501、ヒンジ部506、アンカー部504、505および固定電極502、503の構造を得ることが可能となる。

【0052】以上説明したように、本発明に係わる第四の実施例によれば、基板601上に、厚肉化可能なエポキシ系感光性樹脂層603、607、611を、最低限の層数積層することによって、マイクロ静電型アクチュエータ、マイクロ静電センサおよびマイクロ可動デバイス等のマイクロマシンを容易に製造することができ、その結果、マイクロ静電型アクチュエータ、マイクロ静電センサおよびマイクロ可動デバイス等のマイクロマシンの大幅な原価低減を実現することができる。

【0053】次に、本発明に係わる第四の実施例であるマイクロ可動ミラーとその駆動回路を同一基板上に実装した第五の実施例について図7を用いて説明する。第五の実施例は、可動ミラー駆動回路703をシリコン基板701上に半導体製造技術により形成し、その後、可動ミラーデバイス501をシリコン基板701上に樹脂で形成する。可動ミラーデバイス501を成形する工程は、半導体のフォトリソフラフィーと同様な工程であり、前もって形成してある可動ミラー駆動回路703に悪影響を与えることはない。なお、可動ミラー駆動回路703の表面を窒化物などで保護しておけばさらに好ましい。

【0054】次に、本発明に係わる第一および第三の実施例であるマイクロポンプとその駆動回路を同一基板上に実装した第六の実施例について説明する。第六の実施例は、第五の実施例と同様に、第一の実施例や第三の実施例におけるマイクロポンプをシリコン基板上に作り込むものである。この第六の実施例によれば、駆動回路と容易に一体にすることが可能となる。これにより、同一の半導体プロセスで処理回路からデバイス、実装まで全てをバッチ処理で作成することが可能となり、デバイスの高密度化や高スループット化ができることにより、低コスト化がはかれる。また、処理回路と一体化ができるために浮遊容量等を低減でき、高精度なセンサ等のデバイスを作り込むことも可能となる。

【0055】以上説明したように、第五および第六の実施例によれば、処理回路と一体化ができるために浮遊容量の問題等を押さえることができ、高精度なセンサ等のマイクロ機械デバイスを作り込むことが可能となる。

【0056】次に、本発明に係わる第四の実施例であるマイクロ可動ミラーを光切り替えマイクロスイッチに適用した第七の実施例について図8を用いて説明する。即ち、第七の実施例によれば、入射用光ファイバ802からマイクロ可動ミラー501に入射した信号光805は、固定電極1(502)と固定電極2(503)を同

電位にしているときには、出力用光ファイバ1(803)に入射し、固定電極1(502)及び2(503)に加える電圧を変えて点線で示すようにマイクロ可動ミラー501を傾けた場合には、出力用光ファイバ2(804)に入射して切り替わり、光切り替えマイクロスイッチを実現することが可能となる。なお、このスイッチを、単にオンオフに使用する場合には、出力用光ファイバは一つで良く、コンパクト化が容易である。

【0057】さらに、このような2~5μm程度四角の光マイクロスイッチを2次元に多数並べることにより、デジタルプロセッサやプロジェクタなどを構成することができるうことになる。

【0058】

【発明の効果】本発明によれば、半導体のフォトリソグラフィー技術により組立工程なしに樹脂の三次元構造体がバッチ処理で作成できるため、マイクロデバイスの微小化や複雑化が容易に行え、低コスト化がはかれる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わるマイクロ機械デバイスの第一の実施例であるダイアフラムポンプ(マイクロポンプ)を示す部分断面鳥瞰図である。

【図2】本発明の第一の実施例であるダイアフラムポンプの成形プロセスを示す図である。

【図3】本発明に係わるマイクロ機械デバイスの第二の実施例であるマイクロ混合器を示す鳥瞰図(半透明)である。

【図4】本発明に係わるマイクロ機械デバイスの第三の実施例であるマイクロ混合器とダイアフラムポンプ(マイクロポンプ)を一体化した微量液ハンドリングシステムを示す鳥瞰図(半透明)である。

【図5】本発明に係わるマイクロデバイスの第四の実施例であるマイクロ可動ミラーデバイスを示す鳥瞰図である。

【図6】本発明の第四の実施例であるマイクロ可動デバイスの成形プロセスを示す図である。

【図7】本発明に係わるマイクロデバイスの第五の実施

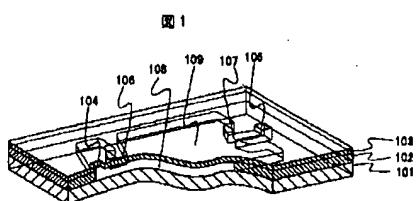
例であるマイクロ可動デバイスと駆動回路を一体化したマイクロシステムを示す斜視図である。

【図8】本発明に係わるマイクロデバイスの第七の実施例であるマイクロミラーデバイスを利用したマイクロ光切り替えスイッチの一実施例を示した斜視図である。

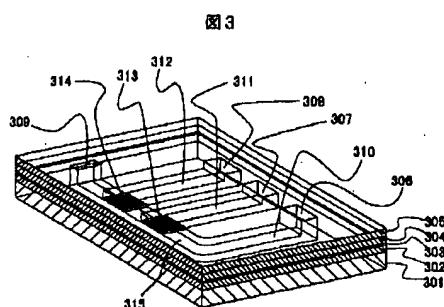
【符号の説明】

101：基板、102：第一の樹脂層、103：第二の樹脂層、104：出口、105：入口、106：出口用流体抵抗、107：入口用流体抵抗、108：圧力室、109：ダイアフラム、201：基板、202：第一の樹脂層、203：現像液に対する不溶部、204：遮光膜、205：第二の樹脂層、206：現像液に対する不溶部、301：基板、302：第一の樹脂層、303：第二の樹脂層、304：第三の樹脂層、305：第四の樹脂層、306：サンプル導入口、307：試薬導入口1、308：試薬導入口2、309：廃液排出口、310：サンプル搬送用流路、311：試薬搬送用流路1、312：試薬搬送用流路2、313：ミキサー部1、314：ミキサー部2、315：サンプル搬送用流路、406：サンプル用ダイアフラムポンプ、407：試薬1用ダイアフラムポンプ、408：試薬2用ダイアフラムポンプ、501：可動ミラー部(可動部)、502：固定電極1、503：固定電極2、504：アンカー部1、505：アンカー部2、506：ヒンジ部、507、508、509、510：取出し電極、511、512、513、514：ワイヤ、601：基板、602：取出し電極、603：第一の樹脂層、604：現像液に対する不溶部、605：遮光膜、606：固定電極、607：第二の樹脂層、608：現像液に対する不溶部、609：遮光膜、610：可動ミラー裏面電極、611：第三の樹脂層、612：現像液に対する不溶部、613：ミラー、701：シリコン基板、703：可動ミラー駆動回路、802：入射用光ファイバ、803：出力用光ファイバ1、804：出力用光ファイバ2。

【図1】

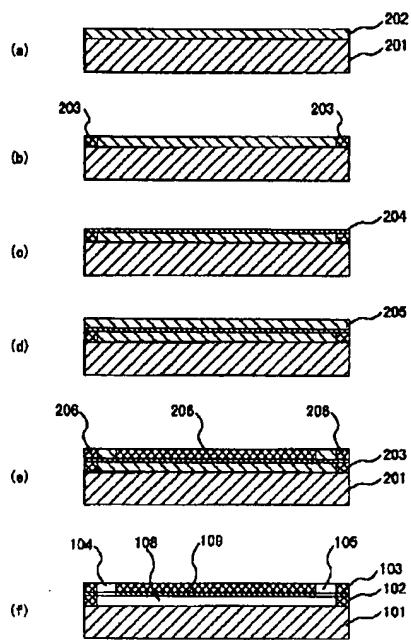


【図3】



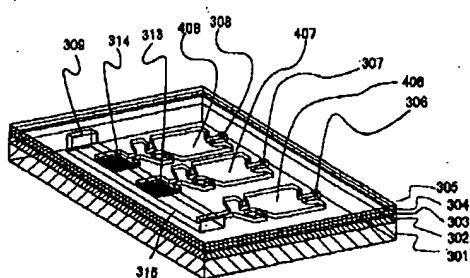
【図2】

図 2



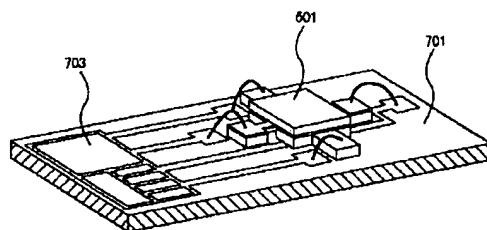
【図4】

図 4

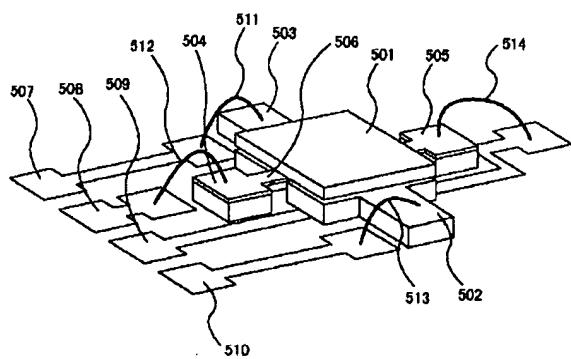


【図7】

図 7

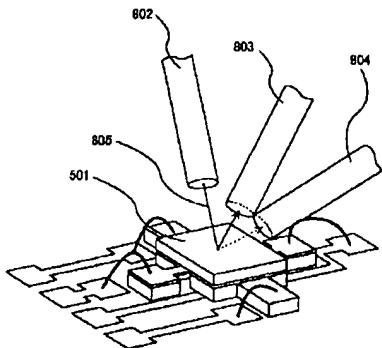


【図5】

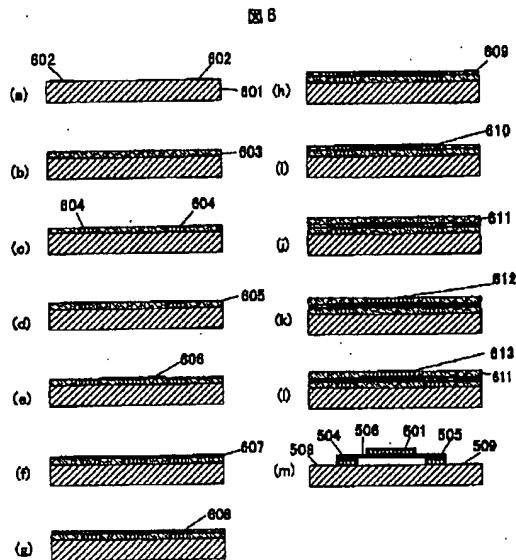


【図8】

図 8



【図6】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	マークド(参考)
F 04 B 43/04		F 04 B 43/04	B
53/10		G 02 B 26/08	E
G 02 B 26/08		F 04 B 21/02	G

(72) 発明者 佐藤 友美 東京都小平市上水本町五丁目22番1号 株式会社日立超エル・エス・アイ・システム ズ内	(72) 発明者 三宅 亮 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
(72) 発明者 田辺 健一 東京都小平市上水本町五丁目22番1号 株式会社日立超エル・エス・アイ・システム ズ内	F ターム(参考) 2H041 AA12 AB14 AC06 AZ08 3H071 AA01 BB01 CC31 CC33 CC37 DD04 DD32 DD35 DD82 DD84 DD89 3H075 AA09 BB04 CC32 CC34 CC36 DB02 EE12 3H077 AA08 CC02 CC09 DD06 EE34 EE36 FF12 FF22 FF36 FF43 FF55